

PATENT OFFICE  
JAPANESE GOVERNMENT

This is to certify that the annexed is a true copy  
of the following application as filed with this office.

Date of Application: January 28, 2003

Application Number: No. 2003-019067  
[ST.10/C]: [JP 2003-019067]

Applicant(s): FUJITSU LIMITED

November 25, 2003

Commissioner,  
Patent Office Yasuo Imai (Seal)

Certificate No. 2003-3097145



## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: **11174499 A**

(43) Date of publication of application: 02.07.99

(51) Int. Cl.

**G02F 1/31****G02B 6/293****H04B 10/02****H04J 14/00****H04J 14/02**

(21) Application number: 09341732

(22) Date of filing: 11.12.97

(71) Applicant: **SUMITOMO ELECTRIC IND LTD**

(72) Inventor: **MOBARA MASAICHI**  
**ISHIKAWA SHINJI**  
**KADOI MOTOTAKA**  
**KANAMORI HIROO**  
**NISHIMURA MASAYUKI**

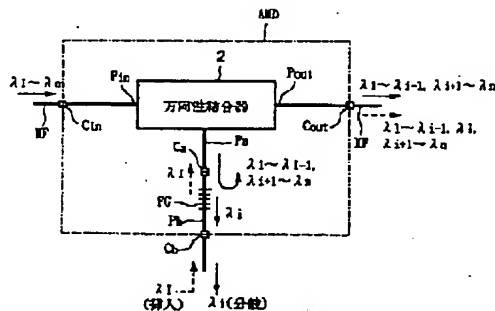
(54) **OPTICAL I/O MODULE AND LIGHT REFLECTOR**and  $\lambda_{i+1} \sim \lambda_n$  is made to exit.

(57) Abstract:

COPYRIGHT: (C)1999,JPO

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide an optical branching insertion device being simple in structure, and having a high degree of extendibility and freedom.

**SOLUTION:** This module is provided with a directional coupler 2 and an optical reflector FG consisting of an optical fiber grating, etc., which transmits a specific wavelength component  $\lambda_i$  and reflects the remaining wavelength components  $\lambda_1 \sim \lambda_{i-1}$ ,  $\lambda_{i+1} \sim \lambda_n$ . When a signal light containing wavelength elements  $\lambda_1 \sim \lambda_n$  is made incident in a port  $P_{in}$ , it is propagated from the port  $P_{in}$  to the optical reflector FG via a port  $P_a$ . The wavelength components  $\lambda_1 \sim \lambda_{i-1}$  and  $\lambda_{i+1} \sim \lambda_n$  are reflected by the optical reflector FG, and are made to exit from a port  $P_{out}$ . Further, the optical reflector FG transmits the wavelength component  $\lambda_i$  and branches it to a port  $P_b$ . On the other hand, when a wavelength component  $\lambda_l$  of the same wave length as the wavelength element  $\lambda_i$  is inserted to the port  $P_b$ , the optical reflector FG transmits this, and propagates it to the port  $P_{out}$  through the port  $P_a$ , and then, a signal light containing  $\lambda_l$  in the wavelength components  $\lambda_1 \sim \lambda_{i-1}$



(51) Int.Cl.<sup>8</sup>

## 識別記号

## F I

G 0 2 F 1/31  
G 0 2 B 6/293  
H 0 4 B 10/02  
H 0 4 J 14/00  
14/02

G 0 2 F 1/31  
G 0 2 B 6/28  
H 0 4 B 9/00

D  
U  
E

審査請求 未請求 請求項の数13 O L (全 13 頁)

## (21) 出願番号

特願平9-341732

## (22) 出願日

平成9年(1997)12月11日

## (71) 出願人 000002130

住友電気工業株式会社  
大阪府大阪市中央区北浜四丁目5番33号

## (72) 発明者 茂原 政一

神奈川県横浜市栄区田谷町1番地 住友電  
気工業株式会社横浜製作所内

## (72) 発明者 石川 真二

神奈川県横浜市栄区田谷町1番地 住友電  
気工業株式会社横浜製作所内

## (72) 発明者 角井 素貴

神奈川県横浜市栄区田谷町1番地 住友電  
気工業株式会社横浜製作所内

## (74) 代理人 弁理士 長谷川 芳樹 (外3名)

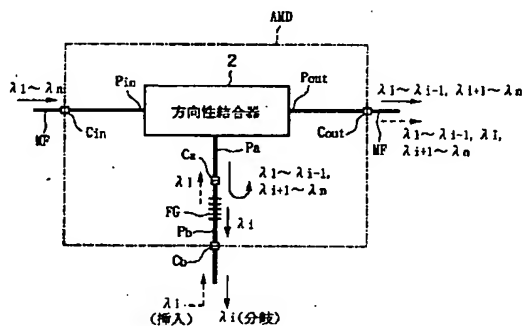
最終頁に続く

## (54) 【発明の名称】 光入出力モジュール及び光反射器

## (57) 【要約】

【解決課題】 構造が簡素で拡張性及び自由度の高い光分岐挿入装置を提供する。

【解決手段】 方向性結合器2と、特定波長成分 $\lambda_i$ を透過し且つ残余の波長成分 $\lambda_1 \sim \lambda_{i-1}$ ,  $\lambda_{i+1} \sim \lambda_n$ を反射する光ファイバグレーティング等から成る光反射器FGが備えられている。波長成分 $\lambda_1 \sim \lambda_n$ を含む信号光がポートP<sub>in</sub>に入射すると、ポートP<sub>in</sub>からポートP<sub>a</sub>を介して光反射器FGへ伝播する。光反射器FGで波長成分 $\lambda_1 \sim \lambda_{i-1}$ ,  $\lambda_{i+1} \sim \lambda_n$ を反射しポートP<sub>out</sub>へ出射する。更に、光反射器FGで波長成分 $\lambda_i$ を透過してポートP<sub>b</sub>へ分岐 (Drop) する。一方、 $\lambda_i$ と同波長の波長成分 $\lambda_i$ をポートP<sub>b</sub>に挿入 (Add) すると、光反射器FGでこれを透過し、ポートP<sub>a</sub>を通してポートP<sub>out</sub>へ伝播することにより、波長成分 $\lambda_1 \sim \lambda_{i-1}$ ,  $\lambda_{i+1} \sim \lambda_n$ に $\lambda_i$ を含んだ信号光にして出射する。



## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】複数の信号光波長の透過したい波長を任意に選択でき他の波長を反射する第 1 の光反射器と、光伝送路からの複数の信号光波長の第 1 の信号光を入力する第 1 のポートと、前記光伝送路へ信号光を出力する第 2 のポートと、前記第 1 の光反射器に光学的に接続され前記第 1 の光反射器を透過する信号光を射出する第 3 のポートとを有し、前記第 1 のポートに入力する前記第 1 の信号光を前記第 1 の光反射器へ伝送し、前記第 1 の光反射器からの信号光を前記第 2 のポートへ伝送する第 1 の方向性結合器とを具備することを特徴とする光入出力モジュール。

【請求項 2】前記第 3 のポートに対向する第 5 のポートと、前記第 5 のポートからの信号光を出力する第 6 のポートと、第 2 の信号光を入力し前記第 5 のポートへ出力する第 4 のポートとを有する第 2 の方向性結合器を備えることを特徴とする請求項 1 に記載の光入出力モジュール。

【請求項 3】前記第 1 の方向性結合器は、第 2 の信号光を入力して前記第 2 のポートへ出力する第 4 のポートを有することを特徴とする請求項 1 に記載の光入出力モジュール。

【請求項 4】前記第 1、第 2 の方向性結合器は、光ファイバケーブルまたは光サーキュレータであることを特徴とする請求項 1 ないし 3 のいずれか一項に記載の光入出力モジュール。

【請求項 5】前記第 1 の方向性結合器は光ファイバケーブルであり、前記第 4 のポートと光学的に接続し、前記複数の信号光波長の透過したい波長を任意に選択でき他の波長を反射する第 2 の光反射器を備えることを特徴とする請求項 3 に記載の光入出力モジュール。

【請求項 6】第 3 のポートと第 5 のポート間に光学的に接続され、複数の信号光波長の透過したい波長を任意に選択でき他の波長を反射する第 1 の光反射器と、第 4 のポートと第 6 のポート間に光学的に接続され、複数の信号光波長の透過したい波長を任意に選択でき他の波長を反射する第 2 の光反射器と、

光伝送路からの複数の波長の第 1 の信号光を入力する第 1 のポートと、前記光伝送路へ信号光を出力する第 2 のポートと、前記第 1 のポートに入力する前記第 1 の信号光を前記第 1、第 2 の光反射器へ伝送し、前記第 1、第 2 の光反射器からの信号光を前記第 2 のポートへ伝送する前記第 3、第 4 のポートとを有する第 1 の光ファイバケーブルと、

前記第 5、第 6 のポートを有し、第 2 の信号光を入力して前記第 5、第 6 のポートへ出力する第 7 のポートと、前記第 5、第 6 のポートからの信号光を出力する第 8 のポートとを有する第 2 の光ファイバケーブルとを具備することを特徴とする光入出力モジュール。

【請求項 7】光伝送路からの複数の信号光波長の第 1 の信号光を入力する第 1 のポートと、前記光伝送路へ信号光を出力する第 2 のポートと、前記第 1 のポートを介して前記第 1 の信号光を入力する第 3 のポートと、第 2 の信号光を入力して前記第 2 のポートへ出力する第 4 のポートと、前記第 1 ないし第 4 のポートが結合する光結合部と、前記光結合部に一体化され前記複数の信号光波長の透過したい波長を任意に選択でき他の波長を反射する光反射器とを有する光ファイバケーブルを具備することを特徴とする光入出力モジュール。

【請求項 8】前記第 1 の光反射器は、透過する波長が異なる複数の光反射器からなり、

前記第 1 の方向性結合器は、前記第 3 のポートが前記複数の各光反射器に光学的に接続する複数段のポートからなり、且つ前段のポートの光反射器で反射される信号光を後段のポートへ伝送する光サーキュレータであることを特徴とする請求項 1 に記載の光入出力モジュール。

【請求項 9】前記光反射器は、その光導波路の長手方向に複数の反射波長を反射する複数の反射領域を有し、前記複数の反射波長のうち特定の反射波長を反射する反射領域の一部を変化させて透過波長領域とする変換手段を有することを特徴とする請求項 1 ないし 8 のいずれか一項に記載の光入出力モジュール。

【請求項 10】前記光反射器は、複数の反射波長のうち一部の透過する波長を反射する一又は複数の光反射器と、他の複数の波長を反射する一又は複数の光反射器とを従続接続した構成であり、前記複数の反射波長のうち一部の透過する波長を反射する一又は複数の光反射器は、接続及び取外しが自在であることを特徴とする請求項 1 ないし 9 のいずれか一項に記載の光入出力モジュール。

【請求項 11】光導波路の長手方向に複数の反射波長を反射する複数の反射領域を有し、複数の反射波長のうち特定の反射波長を反射する反射領域の一部を変化させて透過波長領域とする変換手段を有することを特徴とする光反射器。

【請求項 12】前記変換手段は、熱、歪み、光のいずれかを前記反射領域の特定の部位に付与する手段であることを特徴とする請求項 11 に記載の光反射器。

【請求項 13】前記変換手段は、熱、歪み、光のいずれかを前記反射領域に付与するための長手方向に分割された複数の領域を有し、前記分割された複数の領域は前記複数の反射領域に対応して区分されていることを特徴とする請求項 11 に記載の光反射器。

## 【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、複数の信号光波長から任意の波長成分を分岐 (Drop) したり、信号光に任意の波長成分を挿入 (Add) するための光分岐挿入装置に関するものである。

## 【0002】

【従来の技術】波長多重(WDM)光通信の分野において、信号光から任意の波長成分を分岐したり、信号光に任意の波長成分を挿入する光分岐挿入装置(Add-Drop Multiplexer)が注目されており、文献「“ファイバグレーティングを用いた光ADM実験とその制限要因”、1996年電子情報通信学会総大会、SB-11-7、p747-748」に開示されたものが知られている。

【0003】この文献に開示された光分岐挿入装置ADMは、図17に示すように、通信網の光ファイバ本線MF中に直列に設けられる、2個の光サーキュレータOC<sub>1</sub>、OC<sub>2</sub>と透過形の光ファイバグレーティングFGで構成されている。光ファイバグレーティングFGは、複数の波長成分 $\lambda_1 \sim \lambda_n$ を含む信号光のうち、特定の波長成分 $\lambda_i$ のみを反射させ、残余の波長成分 $\lambda_1 \sim \lambda_{i-1}$ 、 $\lambda_{i+1} \sim \lambda_n$ を透過させる分波特性を有している。

【0004】波長成分 $\lambda_1 \sim \lambda_n$ を含む信号光が光ファイバ本線MFの上流側から入射すると、光サーキュレータOC<sub>1</sub>のポートP<sub>1</sub>からポートP<sub>2</sub>へ伝播し、光ファイバグレーティングFGで波長成分 $\lambda_1 \sim \lambda_{i-1}$ 、 $\lambda_{i+1} \sim \lambda_n$ を透過して、光サーキュレータOC<sub>2</sub>のポートP<sub>4</sub>ないしポートP<sub>5</sub>を通して光ファイバ本線MFの下流側へ出射する。更に、光ファイバグレーティングFGで波長成分 $\lambda_i$ を反射して分岐ポートP<sub>3</sub>へ分岐(Drop)する。

【0005】一方、 $\lambda_i$ と同波長の波長成分 $\lambda_j$ を光サーキュレータOC<sub>2</sub>の挿入ポートP<sub>6</sub>に挿入(Add)すると、この波長成分 $\lambda_j$ をポートP<sub>4</sub>へ伝播し、光ファイバグレーティングFGで反射してポートP<sub>4</sub>ないしポートP<sub>5</sub>へ伝播することにより、波長成分 $\lambda_1 \sim \lambda_{i-1}$ 、 $\lambda_{i+1} \sim \lambda_n$ に $\lambda_j$ を含めた信号光にして光ファイバ本線MFの下流側へ出射する。

【0006】このように、従来の光分岐挿入装置ADMは、2個の光サーキュレータOC<sub>1</sub>、OC<sub>2</sub>及び透過形の光ファイバグレーティングFGを光ファイバ本線MF中に直列接続することで、任意の波長成分の分岐(Drop)及び挿入(Add)を実現している。

## 【0007】

【発明が解決しようとする課題】しかし、従来の光分岐挿入装置は、光ファイバ本線MFに透過形の光ファイバグレーティングFGを直列接続する構成となっているため、分岐及び挿入するための分波特性の変更や追加を行う場合には、光ファイバ本線MFを物理的に切断し、別個の光分岐挿入装置を敷設する必要がある。このように通信網を断線状態にしなければならないため、分波特性の変更や追加を容易に行うことができず、また、大容量の波長多重光通信網を構築する上で、拡張性などに大きな制限があった。更に、分波特性の変更や追加を行うためには、高価且つ複雑な構造の光サーキュレータ等を多数個敷設する必要がある。

【0008】本発明はこのような従来技術の課題に鑑み

てなされたものであり、優れた拡張性と簡便性及び低コスト性を有する光分岐挿入装置を提供することを目的とする。

## 【0009】

【課題を解決するための手段】本発明の光分岐挿入装置は、光反射器と方向性結合器とを備えて構成され、前記光反射器として、複数の信号光波長の透過したい波長を任意に選択でき他の波長を反射する光反射器を備え、前記方向性結合器として、光伝送路からの複数の信号光波長の信号光を入力する第1のポートと、前記光伝送路へ信号光を出力する第2のポートと、前記光反射器に光学的に接続され前記光反射器を透過する信号光を出射する第3のポートとを有し、更に、前記第1のポートに入力する前記第1の信号光を前記光反射器へ伝送し、前記光反射器からの信号光を前記第2のポートへ伝送する方向性結合器を備えて構成した。

【0010】また、前記光反射器を着脱自在にした。

【0011】また、前記光反射器には、光導波方向に沿って屈折率分布が変化する光ファイバグレーティングを適用した。

【0012】また、前記光反射器の特定の部位に、熱、歪み又は光を付与することにより、前記の透過したい波長を任意に選択させる変換手段を備えた。

【0013】また、前記方向性結合器には、光サーキュレータ又は光ファイバカプラを適用した。

## 【0014】

【作用】本発明の光分岐挿入装置は、方向性結合器の第1のポートと第2のポートに光伝送路が光学的に接続され、第3のポートに光反射器が光学的に接続される構成を有する。よって、光反射器は、光伝送路中に直列接続されず、方向性結合器を介して光伝送路に接続される。この構成によると、光伝送路の上流側から第1のポートに入力した信号光が方向性結合器の第3のポートを通して光反射器に入力し、光反射器が、この入力した信号光のうち、選択された波長の信号光を透過し、他の波長の信号光を反射して第3のポートを通じて方向性結合器へ戻す。方向性結合器で、この反射されてきた信号光を第2のポートより光伝送路の下流側へ出射する。

【0015】このように、本発明の光分岐挿入装置は、光反射器を光伝送路中に直列接続するという構成を採ることなく、光伝送路中の信号光波長を任意に選択することができる構成となっているため、光伝送路を断線状態にすることなく所望の信号光波長を分岐又は挿入することができ、優れた拡張性と簡便性及び低コスト性を発揮する。

## 【0016】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施の形態を図1～図16を参照して説明する。尚、これらの図において、同一又は相当する構成要素を同一符号で示してい

【0017】（第1の実施の形態）第1の実施の形態の光分岐挿入装置を図1～図3に基づいて説明する。図1において、この光分岐挿入装置ADMは、複数の波長成分 $\lambda_1 \sim \lambda_n$ を含む信号光を伝播するための光伝送路（以下、光ファイバ本線という）MF等に光学的に接続される方向性結合器2と、特定の波長成分 $\lambda_i$ を透過し且つ残余の波長成分 $\lambda_1 \sim \lambda_{i-1}$ ,  $\lambda_{i+1} \sim \lambda_n$ を反射する分波特性を有した光ファイバグレーティング等から成る、双方向性の光反射器FGを備えている。

【0018】方向性結合器2の第1のポート（入射用のポート） $P_{in}$ に設けられた光コネクタ $C_{in}$ と、第2のポート（出射用のポート） $P_{out}$ に設けられた光コネクタ $C_{out}$ に光ファイバ本線MF等が接続され、第3のポート（中間のポート） $P_a$ に設けられた光コネクタ $C_a$ に光反射器FGが接続され、光反射器FGの他端のポート $P_b$ に設けられた光コネクタ $C_b$ に、受信機や送信機などが接続される構成となっている。

【0019】方向性結合器2は、ポート $P_{in}$ に入射する信号光をポート $P_a$ へ伝播し、ポート $P_a$ に入射する信号光をポート $P_{out}$ へ伝播する多段のポートを有する構成となっている。例えば、方向性結合器2は、図2に示すような、信号光をポート $P_{in}$ から $P_a$ 、 $P_{out}$ の順に非相対的に導波する光サーキュレータ4や、図3に示すような光ファイバコブラ6などが用いられている。

【0020】かかる構造の光分岐挿入装置ADMにおいて、複数チャンネル分の波長成分 $\lambda_1 \sim \lambda_n$ を含む信号光が方向性結合器2のポート $P_{in}$ に入射すると、ポート $P_{in}$ からポート $P_a$ を介して光反射器FGへ伝播する。光反射器FGで波長成分 $\lambda_1 \sim \lambda_{i-1}$ ,  $\lambda_{i+1} \sim \lambda_n$ を反射し、これをポート $P_{out}$ 及び光コネクタ $C_{out}$ を通して光ファイバ本線MFへ出射する。更に、光反射器FGで波長成分 $\lambda_i$ を透過してポート $P_b$ へ分岐（Drop）する。

【0021】一方、 $\lambda_i$ と同波長の波長成分 $\lambda_i$ を、光コネクタ $C_b$ を介してポート $P_b$ に挿入（Add）すると、光反射器FGでこれを透過し、ポート $P_a$ を通してポート $P_{out}$ へ伝播することにより、波長成分 $\lambda_1 \sim \lambda_{i-1}$ ,  $\lambda_{i+1} \sim \lambda_n$ に $\lambda_i$ を含んだ信号光にして出射する。

【0022】このように、この光分岐挿入装置ADMは、複数の波長成分 $\lambda_1 \sim \lambda_n$ を含む信号光から、所望の波長成分を分岐したり挿入することが可能である。更に、光コネクタ $C_a$ ,  $C_b$ 間に着脱自在に設けられた光反射器FGを、他の分波特性を有する光反射器に代えるだけで、分岐又は挿入しようとする波長成分の変更や追加を容易に行うことができる。特に、光反射器FGが光ファイバ本線MF等に直列に接続されない構成となっているため、光ファイバ本線MF等を物理的に切断してなくとも、上記の波長成分の変更や追加を行うことができることから、極めて優れた拡張性を有している。更に、簡素な構成であるため、製造コストの大幅な低減などが可能となっている。

【0023】尚、光反射器FGは、光ファイバグレーティングに限らず、各種の光導波路に形成したグレーティングや、誘電体多層膜光フィルタ等を適用してもよい。

【0024】また、方向性結合器2と光反射器FGの間で信号光を導波するために、光ファイバや平面光導波路等の各種の光導波路を用いることが可能である。

【0025】また、特定の波長成分 $\lambda_i$ を透過させる分波特性を有する光反射器FGの代わりに、前記の信号光の波長成分を全て反射する特性を有する光反射器を設けることにより、入射ポート $P_{in}$ に入射する信号光をそのまま出射ポート $P_{out}$ へ出射することができる。

【0026】（第2の実施の形態）第2の実施の形態の光分岐挿入装置を図4～図7に基づいて説明する。図4において第1の実施の形態との相違点を述べると、熱や光または機械的応力を光反射器FGに付与することにより、その分波特性を外部から可変制御する制御機構CNTが設けられている。

【0027】光反射器FGには光ファイバグレーティングが用いられている。光ファイバグレーティングは、制御機構CNTによる制御が行われない静的状態では、波長成分 $\lambda_1 \sim \lambda_n$ の全てを反射し、制御機構CNTにより制御されると、波長成分 $\lambda_1 \sim \lambda_n$ のうちの特定波長成分 $\lambda_i$ を透過させ且つ残余の波長成分 $\lambda_1 \sim \lambda_{i-1}$ ,  $\lambda_{i+1} \sim \lambda_n$ を反射させるように分波特性を変化させる構造となっている。

【0028】図5～図7は、このような光ファイバグレーティングの構造例とその分波特性を示している。

【0029】図5（a）に示す光ファイバグレーティングは、光ファイバのコア中において、その長手方向（光導波路の軸方向）に沿って屈折率分布の周期が徐々に変化した構造のチャープグレーティングであり、同図（b）に示すように、静的状態では波長成分 $\lambda_1 \sim \lambda_n$ の全てを反射する分波特性を有している。

【0030】図6（a）に示す光ファイバグレーティングは、長手方向の屈折率分布の周期は一定であるが、その屈折率が徐々に変化した構造のチャープグレーティングであり、同図（b）に示すように、静的状態では波長成分 $\lambda_1 \sim \lambda_n$ の全てを反射する分波特性を有している。

【0031】図7（a）に示す光ファイバグレーティングは、屈折率分布の周期は一定であるが、夫々の屈折率が段階的に変化した複数のグレーティングをカスケードにアレイドした構造のチャープグレーティングであり、同図（b）に示すように、静的状態では波長成分 $\lambda_1 \sim \lambda_n$ の全てを反射する分波特性を有している。

【0032】図4において、光反射器FGを熱的に制御する制御機構CNTにあつては、前記のチャープグレーティングの長手方向に沿って配列された複数個の微細なサーマルヘッドやペルチェ素子などの発熱体を備えた熱源部8と、発熱体毎に電力を供給する駆動部10を備えている。マイクロコンピュータシステムから駆動部10

へ各発熱体の電力量を指定するための制御信号  $S_D$  を供給すると、指定された発熱体の発熱（又は冷却）でチャープグレーティングを部分的に伸縮及び屈折率を変化させて、屈折率分布を部分的に変化させる。このように部分的に屈折率分布を変化させると、波長成分  $\lambda_1 \sim \lambda_n$  を全反射する特性を有していたチャープグレーティングが、制御信号  $S_D$  で指定された波長成分  $\lambda_i$  のみ透過して、残余の波長成分  $\lambda_1 \sim \lambda_{i-1}$ ,  $\lambda_{i+1} \sim \lambda_n$  を反射する分波特性に変化する。

【0033】図6 (a) (b) に示したチャープグレーティングでは、同図 (c) に示すように、加熱された部位及びその部位の屈折率の変化に応じて、同図 (d) に示すように、特定波長を透過する分波特性を発揮する。

【0034】また、図7 (a) (b) に示したチャープグレーティングでは、同図 (c) に示すように、加熱された部位及びその部位の屈折率の変化に応じて、同図 (d) に示すように、特定波長を透過する分波特性を発揮する。

【0035】光反射器FGに機械的応力を付与する制御機構CNTにあつては、前記熱源部8に代えて、チャープグレーティングの各部位を機械的に伸縮させる piezo 素子やアクチュエータが用いられる。そして、piezo 素子やアクチュエータにより光ファイバグレーティングの各部位を機械的に伸縮させ、この伸縮により光ファイバグレーティングの各部位の屈折率を変化させて、特定の波長成分を透過させるようにする。

【0036】また、光反射器FGに光を照射する制御機構CNTにあつては、チャープグレーティングの各部位にレーザ光などを照射する光源を備え、レーザ光で熱膨張あるいは収縮する部位の屈折率を変化させて、特定の波長成分を透過させるようにする。

【0037】尚、これらの制御機構CNTにより、チャープグレーティングの複数の部位を制御することにより、複数の波長成分を透過させることも可能である。

【0038】次に、かかる構造の光分岐挿入装置ADMの動作を説明する。制御機構CNTによる制御を行わない場合には、複数の波長成分  $\lambda_1 \sim \lambda_n$  を含む信号光が方向性結合器2のポート  $P_{in}$  に入射すると、これをポート  $P_a$  から光反射器FGへ伝播し、光反射器FGで波長成分  $\lambda_1 \sim \lambda_n$  を全て反射してポート  $P_a$  から  $P_{out}$  へ出射する。

【0039】一方、制御機構CNTにより光反射器FGを制御すると、チャープグレーティングは、制御信号  $S_D$  で指定された波長成分  $\lambda_i$  を透過する分波特性を生じる。これにより、光反射器FGは、方向性結合器2のポート  $P_a$  より入射する波長成分  $\lambda_1 \sim \lambda_n$  のうち、波長成分  $\lambda_1 \sim \lambda_{i-1}$ ,  $\lambda_{i+1} \sim \lambda_n$  を反射して、ポート  $P_a$  から  $P_{out}$  へ出射させる。更に、光反射器FGで波長成分  $\lambda_i$  を透過し、ポート  $P_b$  へ分岐 (Drop) する。

【0040】更に、制御機構CNTにより光反射器FG

を制御した状態のままで、 $\lambda_i$  と同波長の波長成分  $\lambda_i$  を光コネクタ  $C_b$  を介してポート  $P_b$  に挿入 (Add) すると、光反射器FGでこれを透過してポート  $P_{out}$  へ伝播することにより、波長成分  $\lambda_1 \sim \lambda_{i-1}$ ,  $\lambda_{i+1} \sim \lambda_n$  に  $\lambda_i$  を含んだ信号光にして出射する。

【0041】このように、この光分岐挿入装置ADMは、制御機構CNTにより光反射器FGの分波特性を可変制御することができるため、光反射器FGの取り替えなどを必要とせず、容易に所望の波長成分を分岐又は挿入することができる。特に、制御機構CNTに所望の透過波長を指示するだけで、光反射器FGの分波特性を変化させることができるため、遠隔システムや自動制御システムなどの機能を備えた通信網を構築することができる等、極めて優れた拡張性を有している。

【0042】(第3の実施の形態) 第3の実施の形態の光分岐挿入装置を図8～図12に基づいて説明する。

【0043】図8において、この光分岐挿入装置ADMは、図2の光分岐挿入装置と同様に、光ファイバ本線MF等に光学的に接続される光サーキュレータ4と、光反射器FGを有している。更に、他の方向性結合器12が、ポート  $P_c$  を介して光反射器FGに光学的に接続されている。

【0044】方向性結合器12は、挿入 (Add) 用ポート  $P_d$  に入射する信号光をポート  $P_c$  へ、ポート  $P_c$  に入射する信号光をポート  $P_e$  へ伝播する構成を有し、夫々のポート  $P_d$ ,  $P_e$  には、受信機や送信機等を接続するための光コネクタ  $C_d$ ,  $C_e$  が設けられている。

【0045】方向性結合器12は、図9に示すような、挿入ポート用  $P_d$  に入射する信号光を  $P_c$ ,  $P_e$  の順に非相対的に導波する光サーキュレータ14や、図10に示すような光ファイバカプラ16などが用いられている。

【0046】かかる構造の光分岐挿入装置ADMにおいて、複数の波長成分  $\lambda_1 \sim \lambda_n$  を含む信号光が、光サーキュレータ4のポート  $P_{in}$  に入射すると、これをポート  $P_a$  を通して光反射器FGへ伝播する。特定の波長成分を透過する分波特性を有する光反射器FGでは、波長成分  $\lambda_1 \sim \lambda_{i-1}$ ,  $\lambda_{i+1} \sim \lambda_n$  を反射し、これをポート  $P_a$  を通してポート  $P_{out}$  へ出射する。更に、光反射器FGでは、波長成分  $\lambda_i$  を透過して方向性結合器12へ伝播し、分岐ポート  $P_e$  へ分岐 (Drop) させる。

【0047】また、 $\lambda_i$  と同波長の波長成分  $\lambda_i$  を光コネクタ  $C_d$  を介して挿入用ポート  $P_d$  に挿入 (Add) すると、方向性結合器12がポート  $P_c$  を介して光反射器FGへ伝播し、光反射器FGでこの波長成分  $\lambda_i$  を透過する。更に、光サーキュレータ4がポート  $P_a$  を通してポート  $P_{out}$  へ伝播することにより、波長成分  $\lambda_1 \sim \lambda_{i-1}$ ,  $\lambda_{i+1} \sim \lambda_n$  に  $\lambda_i$  を含んだ信号光にして出射する。

【0048】このように、この実施の形態によれば、簡単な構造で所望の波長成分を分岐するための分岐用ポー

10

20

30

40

50



ト  $P_d$  と、所望の波長成分を挿入するための挿入用ポート  $P_e$  を備えた光分岐挿入装置を提供することができる。また、コネクタ  $C_a$ ,  $C_b$  間に着脱自在の接続される光反射器  $FG$  を、他の分岐特性を有する光反射器に取り替えるだけで、所望の波長成分を分岐又は挿入することができる。また、図 4 に示した制御機構  $CNT$  と光反射器  $FG$  を適用することができる。

【0049】図 11 は、より簡素な構造を実現した光分岐挿入装置の変形例を示している。この光分岐挿入装置  $ADM$  は、光ファイバカプラ 18 を備え、そのポート  $P_a$  と分岐用ポート  $P_e$  間に光ファイバグレーティング等の光反射器  $FG$  が光学的に接続された構造となっている。更に、ポート  $P_d$  が挿入用ポートであり、ポート  $P_{in}$  と  $P_{out}$  に通信網の光ファイバ本線  $FL$  等が接続される。

【0050】かかる構造の光分岐挿入装置  $ADM$  は、ポート  $P_{in}$  に入射する複数の波長成分  $\lambda_1 \sim \lambda_n$  を含む信号光を、光ファイバカプラ 18 の結合部を通して光反射器  $FG$  へ伝播し、光反射器  $FG$  で特定の波長成分  $\lambda_i$  を透過して分岐用ポート  $P_e$  へ分岐 (Drop) する。更に、光反射器  $FG$  で残余の波長成分  $\lambda_1 \sim \lambda_{i-1}$ ,  $\lambda_{i+1} \sim \lambda_n$  を反射し、再び光カプラ 18 を通してポート  $P_{out}$  へ出射する。

【0051】一方、 $\lambda_i$  と同波長の波長成分  $\lambda_i$  を、光コネクタ  $C_d$  を介して挿入用ポート  $P_d$  に挿入 (Add) すると、光ファイバカプラ 18 を通してポート  $P_{out}$  へ伝播することにより、波長成分  $\lambda_1 \sim \lambda_{i-1}$ ,  $\lambda_{i+1} \sim \lambda_n$  に  $\lambda_i$  を含んだ信号光にして出射する。

【0052】このように、この変形例によれば、極めて簡素な構造で、所望の波長成分の分岐又は挿入が可能な光分岐挿入装置を提供することができる。

【0053】図 12 は、更に他の変形例を示している。この光分岐挿入装置  $ADM$  は、光ファイバカプラ 20 を備え、その中間ポート  $P_a$  と分岐用ポート  $P_e$  間に、光ファイバグレーティング等の光反射器  $FG$  が光学的に接続され、他の中間ポート  $P_a'$  と挿入用ポート  $P_d$  間に、光反射器  $FG$  と同じ分岐特性を有する光反射器  $FG'$  が光学的に接続された構成を有している。更に、光ファイバカプラ 20 の光結合部から光反射器  $FG$  までの光路長  $L_1$  と、光ファイバカプラ 20 の光結合部から光反射器  $FG'$  までの光路長  $L_2$  との比  $L_1/L_2$  が整数倍に設定されている。

【0054】かかる構造の光分岐挿入装置  $ADM$  は、複数の波長成分  $\lambda_1 \sim \lambda_n$  を含む信号光がポート  $P_{in}$  に入射すると、光ファイバカプラ 20 を通して光反射器  $FG$ ,  $FG'$  へ伝播する。

【0055】ここで、光ファイバカプラ 20 は、対角側に位置するポート  $P_{in}$ ,  $P_a$  の相互間、又はポート  $P_{out}$ ,  $P_b$  の相互間を伝播する光の位相を  $\pi/2$  変化させ、対角側に位置していないポート  $P_{in}$ ,  $P_b$  の相互間、又はポート  $P_{out}$ ,  $P_a$  の相互間を伝播する光の位相

は変化させないという特性を有している。このため、光反射器  $FG$  へ伝播する波長成分  $\lambda_1 \sim \lambda_n$  の位相は  $\pi/2$  変化し、光反射器  $FG'$  へ伝播する波長成分  $\lambda_1 \sim \lambda_n$  の位相は変化しない。

【0056】光反射器  $FG$  は、このようにして光ファイバカプラ 20 から伝播してくる波長成分  $\lambda_1 \sim \lambda_n$  のうち、波長成分  $\lambda_i$  を透過して分岐用ポート  $P_e$  へ分岐 (Drop) する。更に、波長成分  $\lambda_1 \sim \lambda_{i-1}$ ,  $\lambda_{i+1} \sim \lambda_n$  を反射して再び光ファイバカプラ 20 を介してポート  $P_{out}$  へ出射する。光反射器  $FG'$  も同様に、光ファイバカプラ 20 から伝播してくる波長成分  $\lambda_i$  を透過し、波長成分  $\lambda_1 \sim \lambda_{i-1}$ ,  $\lambda_{i+1} \sim \lambda_n$  を反射して再び光ファイバカプラ 20 を介してポート  $P_{out}$  へ出射する。

【0057】但し、光反射器  $FG$  で反射されてポート  $P_{out}$  へ伝播する波長成分  $\lambda_1 \sim \lambda_{i-1}$ ,  $\lambda_{i+1} \sim \lambda_n$  の位相は、前記のように既に  $\pi/2$  変化しているが、再び光ファイバカプラ 20 を通る際には更に変化しない。一方、光反射器  $FG$  で反射されてポート  $P_{in}$  側へ伝播する波長成分  $\lambda_1 \sim \lambda_{i-1}$ ,  $\lambda_{i+1} \sim \lambda_n$  の位相は、前記のように既に  $\pi/2$  変化しており、再び光ファイバカプラ 20 を通る際に更に  $\pi/2$  変化するため、合計で  $\pi$  の位相変化を生じることとなる。また、光反射器  $FG'$  で反射されてポート  $P_{out}$  へ伝播する波長成分  $\lambda_1 \sim \lambda_{i-1}$ ,  $\lambda_{i+1} \sim \lambda_n$  の位相は、再び光ファイバカプラ 20 を通る際に初めて  $\pi/2$  変化する。一方、光反射器  $FG'$  で反射されてポート  $P_{in}$  側へ伝播する波長成分  $\lambda_1 \sim \lambda_{i-1}$ ,  $\lambda_{i+1} \sim \lambda_n$  の位相は変化しない。更に、光路長  $L_1$  と  $L_2$  の比  $L_1/L_2$  が整数倍に設定されている。

【0058】したがって、光反射器  $FG$ ,  $FG'$  で反射されてポート  $P_{in}$  へ伝播する 2 つの波長成分  $\lambda_1 \sim \lambda_{i-1}$ ,  $\lambda_{i+1} \sim \lambda_n$  は互いに逆位相となるため、相殺されて消滅し、実質的にポート  $P_{in}$  には戻らない。また、光反射器  $FG$ ,  $FG'$  で反射されてポート  $P_{out}$  へ伝播する 2 つの波長成分  $\lambda_1 \sim \lambda_{i-1}$ ,  $\lambda_{i+1} \sim \lambda_n$  は互いに同位相となるため、互いに合波されて出射する。

【0059】このように、ポート  $P_{out}$  からは、光強度の減衰の少ない波長成分  $\lambda_1 \sim \lambda_{i-1}$ ,  $\lambda_{i+1} \sim \lambda_n$  を出射することができる。

【0060】 $\lambda_i$  と同波長の波長成分  $\lambda_i$  を、光コネクタ  $C_d$  を介して挿入用ポート  $P_d$  に挿入 (Add) すると、光反射器  $FG'$  でこれを透過し、光ファイバカプラ 20 を介してポート  $P_{out}$  へ伝播する。したがって、波長成分  $\lambda_1 \sim \lambda_{i-1}$ ,  $\lambda_{i+1} \sim \lambda_n$  に  $\lambda_i$  を含んだ信号光にしてポート  $P_{out}$  へ出射する。

【0061】このように、この光分岐挿入装置  $ADM$  によれば、極めて簡素な構造で、所望の波長成分の分岐及び挿入を行うことができる。特に、ポート  $P_{in}$  に入射する信号光を減衰させることなくポート  $P_{out}$  へ伝播するので、高品位の光通信網を構築する等の使用において、優れた効果を発揮するものである。



【0062】（第4の実施の形態）第4の実施の形態の光分岐挿入装置を図13に基づいて説明する。

【0063】この光分岐挿入装置ADMは、2個の光ファイバカプラ22、24の中間ポート $P_a$ 、 $P_b$ 間と、中間ポート $P_a'$ 、 $P_b'$ 間の夫々に、光反射器FG、FG'が光学的に接続された構成を有している。これらの光反射器FG、FG'は共に等しい分波特性を有する光ファイバグレーティング等が用いられ、複数の波長成分 $\lambda_1 \sim \lambda_n$ を含む信号光が入射すると、そのうちの特定の波長成分 $\lambda_i$ を透過し、残余の波長成分 $\lambda_1 \sim \lambda_{i-1}$ 、 $\lambda_{i+1} \sim \lambda_n$ を反射する分波特性を有している。

【0064】更に、光ファイバカプラ22の光結合部から光反射器FGまでの光路長 $L_{11}$ と、光カプラ22の光結合部から光反射器FG'までの光路長 $L_{12}$ との比 $L_{11}/L_{12}$ が整数倍に設定されている。同様に、光ファイバカプラ24の光結合部から光反射器FGまでの光路長 $L_{21}$ と、光カプラ16の光結合部から光反射器FG'までの光路長 $L_{22}$ との比 $L_{21}/L_{22}$ も整数倍に設定されている。

【0065】次に、かかる構造を有する光分岐挿入装置ADMの動作を説明する。複数の波長成分 $\lambda_1 \sim \lambda_n$ を含む信号光が光ファイバカプラ22のポート $P_{in}$ に入射すると、光ファイバカプラ22で位相が $\pi/2$ 変化した信号光が光反射器FGへ伝播し、位相変化のない信号光が光反射器FG'へ伝播する。

【0066】光反射器FG、FG'は共に、波長成分 $\lambda_i$ を透過して光ファイバカプラ24へ伝播し、残余の波長成分 $\lambda_1 \sim \lambda_{i-1}$ 、 $\lambda_{i+1} \sim \lambda_n$ を光ファイバカプラ22側へ反射する。光ファイバカプラ22は、これらの反射されてくる波長成分 $\lambda_1 \sim \lambda_{i-1}$ 、 $\lambda_{i+1} \sim \lambda_n$ をポート $P_{out}$ へ出射する。

【0067】ここで、光路長 $L_{11}$ と $L_{12}$ との比 $L_{11}/L_{12}$ が整数倍に設定されており、光ファイバカプラ22は、対角側に位置するポート $P_{in}$ 、 $P_a$ の相互間、又はポート $P_{out}$ 、 $P_b$ の相互間を伝播する光の位相を $\pi/2$ 変化させ、対角側に位置していないポート $P_{in}$ 、 $P_b$ の相互間、又はポート $P_{out}$ 、 $P_a$ の相互間を伝播する光の位相は変化させないという特性を有している。

【0068】このため、光反射器FG、FG'で反射されて光ファイバカプラ22のポート $P_{in}$ へ伝播する2つの波長成分 $\lambda_1 \sim \lambda_{i-1}$ 、 $\lambda_{i+1} \sim \lambda_n$ は互いに逆位相となるため、相殺されて消滅し、実質的にポート $P_{in}$ には戻らない。また、光反射器FG、FG'で反射されて光ファイバカプラ22のポート $P_{out}$ へ伝播する2つの波長成分 $\lambda_1 \sim \lambda_{i-1}$ 、 $\lambda_{i+1} \sim \lambda_n$ は互いに同位相となるため、互いに合波されて出射する。このように、ポート $P_{out}$ からは、光強度の減衰の少ない波長成分 $\lambda_1 \sim \lambda_{i-1}$ 、 $\lambda_{i+1} \sim \lambda_n$ を出射することができる。

【0069】前記の光反射器FG、FG'を透過した波長成分 $\lambda_i$ は、光ファイバカプラ24を通してポート

$P_d$ 、 $P_e$ へ伝播する。

【0070】但し、光ファイバカプラ24も、光ファイバカプラ22と同様に、対角側に位置するポート $P_b$ 、 $P_d$ の相互間、又はポート $P_b'$ 、 $P_e$ の相互間を伝播する光の位相を $\pi/2$ 変化させ、対角側に位置していないポート $P_b$ 、 $P_e$ の相互間、又はポート $P_b'$ 、 $P_d$ の相互間を伝播する光の位相は変化させないという特性を有している。更に、光路長 $L_{21}$ と $L_{22}$ との比 $L_{21}/L_{22}$ が整数倍に設定されている。

【0071】このため、光反射器FGから挿入用ポート $P_d$ へ伝播する波長成分 $\lambda_i$ と、光反射器FG'から挿入用ポート $P_d$ へ伝播する波長成分 $\lambda_i$ は逆位相となり、相殺されて消滅するため、実質的に挿入用ポート $P_d$ には出射されない。

【0072】一方、光反射器FG'から分岐用ポート $P_e$ へ伝播する波長成分 $\lambda_i$ と光反射器FG'から分岐(Drop)用ポート $P_e$ へ伝播する波長成分 $\lambda_i$ は同位相となる。このため、これらの波長成分 $\lambda_i$ は、互いに合波されて、分岐用ポート $P_e$ へ分岐(Drop)する。

【0073】次に、 $\lambda_i$ と同波長の波長成分 $\lambda_l$ を、光コネクタ $C_d$ を介して挿入用ポート $P_d$ に挿入(Add)すると、光ファイバカプラ24を通して光反射器FG、FG'へ伝播し、更に、光反射器FG、FG'で透過して光ファイバカプラ22を介して、そのポート $P_{out}$ へ伝播する。

【0074】ここで、前述した光ファイバカプラ22、24の特性と、光路長 $L_{11}$ 、 $L_{12}$ 、 $L_{21}$ 、 $L_{22}$ の整数倍の関係があるため、光反射器FG、FG'を透過して光ファイバカプラ22のポート $P_{in}$ 側へ伝播する波長成分 $\lambda_l$ は、逆位相となって相殺され、実質的にポート $P_{in}$ へは伝播しない。また、光反射器FG、FG'を透過して光ファイバカプラ22のポート $P_{out}$ へ伝播する波長成分 $\lambda_l$ は、同位相となって合波される。したがって、挿入用ポート $P_d$ に所望の波長成分 $\lambda_l$ を挿入(Add)すると、光ファイバカプラ22のポート $P_{out}$ だけに伝播することとなり、波長成分 $\lambda_1 \sim \lambda_{i-1}$ 、 $\lambda_{i+1} \sim \lambda_n$ に $\lambda_l$ を含めた信号光にして出射する。

【0075】このように、この実施の形態によれば、ポート $P_{in}$ に入射する信号光を戻すことなくポート $P_{out}$ へ出射すると共に、挿入した波長成分もポート $P_{in}$ へ伝播することなくポート $P_{out}$ へ出射するので、混信などを大幅に抑制することができる。

【0076】尚、光反射器FG、FG'を、複数の波長成分を透過し残余の波長成分を反射する光反射器にすることで、複数の波長成分の分岐及び挿入が可能となる。

【0077】また、光反射器FG、FG'を着脱自在にすることにより、分岐又は挿入すべき波長成分を容易に変更することができる。また、光反射器FG、FG'に、第2の実施の形態において説明したチャープグレーティングを用いて、制御機構CNTで分波特性を可変制

御するようにしてもよい。

【0078】また、全反射形の光反射器を適用することで、入射ポートP<sub>in</sub>に入射する信号光をそのまま出射ポートP<sub>out</sub>へ出射することができる。

【0079】（第5の実施の形態）第5の実施の形態の光分岐挿入装置を図14に基づいて説明する。

【0080】この光分岐挿入装置ADMは、一對の単一モード光ファイバの一部分を融着し、その融着により形成される光結合部にグレーティングを一体形成することにより、光反射器FGが一体化された光カプラ26を備えている。グレーティングは、複数の波長成分 $\lambda_1 \sim \lambda_n$ が入射すると、特定の波長成分 $\lambda_i$ を透過し、残余の波長成分 $\lambda_1 \sim \lambda_{i-1}$ 、 $\lambda_{i+1} \sim \lambda_n$ を反射する分波特性を発揮する。

【0081】かかる構造の光分岐挿入装置ADMは、ポートP<sub>in</sub>に複数の波長成分 $\lambda_1 \sim \lambda_n$ 信号光が入射すると、光反射器FGで波長成分 $\lambda_i$ を透過して分岐用ポートP<sub>e</sub>へ分岐（Drop）し、残余の波長成分 $\lambda_1 \sim \lambda_{i-1}$ 、 $\lambda_{i+1} \sim \lambda_n$ を反射してポートP<sub>out</sub>へ出射する。

【0082】また、挿入用ポートP<sub>d</sub>に、 $\lambda_i$ と同波長の波長成分 $\lambda_i$ を挿入すると、光反射器FGで透過し、波長成分 $\lambda_1 \sim \lambda_{i-1}$ 、 $\lambda_{i+1} \sim \lambda_n$ に波長成分 $\lambda_i$ を含めた信号光にしてポートP<sub>out</sub>へ出射する。

【0083】このように、この実施の形態によれば、極めて簡素な構造で、低コストな光分岐挿入装置を提供することができる。

【0084】また、前記の光結合部に全反射形のグレーティングを一体形成することにより、入射ポートP<sub>in</sub>に入射する信号光をそのまま出射ポートP<sub>out</sub>へ出射することができる。

【0085】（第6の実施の形態）第6の実施の形態の光分岐挿入装置を図15、図16を参照して説明する。

【0086】図15において、この光分岐挿入装置ADMは、方向性結合器である光サーキュレータ28のポートP<sub>a</sub>に、複数の光コネクタC<sub>1</sub>～C<sub>n</sub>を介して、複数の光ファイバグレーティングから成る光反射器FG<sub>1</sub>～FG<sub>n</sub>が直列接続された構造を有している。また、各光反射器FG<sub>1</sub>～FG<sub>n</sub>は、光コネクタC<sub>1</sub>～C<sub>n</sub>にて着脱自在に接続されている。

【0087】夫々の光反射器FG<sub>1</sub>～FG<sub>n</sub>の分波特性は異なっており、光サーキュレータ28側（前段側）の光反射器ほど、多数チャンネル分の波長成分を透過し、後段側の光反射器にいくほど、前段側の光反射器で透過された波長成分のうちの一部の波長成分を透過するように設定されている。更に、夫々の光反射器FG<sub>1</sub>～FG<sub>n</sub>は、上記のように設定されている透過波長帯域以外の波長成分を反射するように設定されている。

【0088】より具体的には、最前段の光反射器FG<sub>1</sub>が、複数の波長成分 $\lambda_1 \sim \lambda_n$ を含む信号光のうちの波長成分 $\lambda_1 \sim \lambda_i$ を透過し、残余の波長成分 $\lambda_{i+1} \sim \lambda_n$ を反

射する分波特性を有する場合には、第2段目の光反射器FG<sub>2</sub>は、波長成分 $\lambda_1 \sim \lambda_i$ のうちの特定波長成分 $\lambda_1 \sim \lambda_{i-1}$ 等を透過し、残余の波長成分 $\lambda_i$ を反射する分波特性に設定されている。第3段目の光反射器FG<sub>3</sub>は、波長成分 $\lambda_1 \sim \lambda_{i-1}$ のうちの特定波長成分 $\lambda_1 \sim \lambda_{i-2}$ 等を透過し、残余の波長成分 $\lambda_{i-1}$ を反射する分波特性に設定される。以下同様に、後段側の光反射器も、前段側の光反射器の透過波長帯域より狭い透過波長帯域を有する分波特性に設定されている。

【0089】次に、この光分岐挿入装置ADMの動作を説明する。尚、図15において、最後段の光反射器FG<sub>n</sub>は全反射形であり、その前段に設けられた光反射器FG<sub>n-1</sub>は、波長成分 $\lambda_1$ を透過して他の波長成分を反射する分波特性を有しているものとする。

【0090】複数の波長成分 $\lambda_1 \sim \lambda_n$ を含む信号光がポートP<sub>in</sub>に入射すると、光サーキュレータ28のポートP<sub>a</sub>を介して光反射器FG<sub>1</sub>～FG<sub>n</sub>側へ伝播する。光反射器FG<sub>1</sub>～FG<sub>n</sub>は、前段側から入射してくる波長成分を、夫々の分波特性に応じて反射し且つ透過する。このため、最前段の光反射器FG<sub>1</sub>は、波長成分 $\lambda_{i+1} \sim \lambda_n$ を光サーキュレータ28側へ反射すると共に、一旦透過して光反射器FG<sub>2</sub>～FG<sub>n</sub>で反射されて戻ってくる波長成分 $\lambda_1 \sim \lambda_i$ を再び透過して光サーキュレータ28側へ伝播する。

【0091】したがって、所望の波長成分を分岐（Drop）又は挿入（Add）しない場合には、ポートP<sub>in</sub>に入射する信号光をそのままポートP<sub>out</sub>へ伝播することができる。

【0092】最後段の光反射器FG<sub>n</sub>を光コネクタC<sub>n</sub>から取り外すと、光コネクタC<sub>n</sub>から、波長成分 $\lambda_1$ を分岐（Drop）することができる。更に、光反射器FG<sub>n</sub>を取り外した状態で、 $\lambda_1$ と同波長の波長成分 $\lambda_1'$ を光コネクタC<sub>n</sub>に挿入（Add）すると、この波長成分 $\lambda_1'$ は前段側の光反射器FG<sub>n-1</sub>～FG<sub>1</sub>を透過して、光サーキュレータ28のポートP<sub>out</sub>へ伝播する。

【0093】また、中間段に位置する光反射器FG<sub>3</sub>等を取り外すと、光コネクタC<sub>3</sub>から波長成分 $\lambda_1 \sim \lambda_{i-1}$ を分岐（Drop）することができる。更に、光反射器FG<sub>3</sub>を取り外した状態で、 $\lambda_1 \sim \lambda_{i-1}$ のいずれかと同波長の波長成分（1又は複数の波長成分）を光コネクタC<sub>3</sub>に挿入（Add）すると、その挿入した波長成分は光反射器FG<sub>1</sub>ないし光サーキュレータ28を通して、ポートP<sub>out</sub>へ伝播する。

【0094】このように、この光分岐挿入装置ADMは、光サーキュレータ28のポートP<sub>in</sub>に、前記の分波特性の条件を満足する光反射器FG<sub>1</sub>～FG<sub>n</sub>を適宜に着脱することにより、所望の波長成分を分岐（Drop）又は挿入（Add）することができるという極めて優れた効果を有している。

【0095】また、前記の分波特性の条件を満足する限

り、光反射器 $FG_1 \sim FG_n$ の接続数も任意に設定することができるため、極めて自由度の高い光分岐挿入装置を提供することができる。

【0096】尚、光サーキュレータ28を用いる場合を説明したが、これの代わりに図3に示した光ファイバカップラ6を用いてもよい。また、光反射器 $FG_1 \sim FG_n$ は光ファイバグレーティングに限らず、誘電体多層膜フィルタなどの光学フィルタを用いることができる。また、信号光を導波するための光導波路として、光ファイバに限られない。

【0097】次に、本実施の形態の変形例を図16に基づいて説明する。図15に示した光分岐挿入装置は、信号光を非相対的に分離する光サーキュレータ28の特定の1個のポート $P_a$ に光反射器 $FG_1 \sim FG_n$ を直列接続する構成であった。

【0098】これに対し、図16に示す光分岐挿入装置ADMは、より多数のポートを有する光サーキュレータ30を適用し、夫々のポートに1又は2以上の光反射器を接続する構成となっている。尚、図16に示す光サーキュレータ30は、5個のポート $P_{in}$ 、 $P_{out}$ 、 $P_{a1}$ 、 $P_{a2}$ 、 $P_{a3}$ を備え、ポート $P_{in}$ に入射する信号光をポート $P_{a1}$ 、 $P_{a2}$ 、 $P_{a3}$ 、 $P_{out}$ の順で非相対的に伝播する構造となっている。

【0099】夫々のポート $P_{a1}$ 、 $P_{a2}$ 、 $P_{a3}$ に接続される光反射器 $FG_{11} \sim FG_{1n}$ 、 $FG_{21} \sim FG_{2n}$ 、 $FG_{31} \sim FG_{3n}$ は、夫々のポート毎に、図15に示した複数の光反射器 $FG_1 \sim FG_n$ と同様の分波特性の条件を満足している。

【0100】即ち、光サーキュレータ30側（前段側）の光反射器ほど、多数チャンネル分の波長成分を透過し、後段側の光反射器にいくほど、前段側の光反射器で透過された波長成分のうちの一部の波長成分を透過するように設定されている。

【0101】より具体的には、ポート $P_{a1}$ に接続された光反射器 $FG_{11}$ は、波長成分 $\lambda_i$ を透過し、残余の波長成分 $\lambda_1 \sim \lambda_{i-1}$ 、 $\lambda_{i+1} \sim \lambda_n$ を反射する。光反射器 $FG_{1n}$ は波長成分 $\lambda_i$ を反射する。ポート $P_{a2}$ に接続された光反射器 $FG_{21}$ は、波長成分 $\lambda_j$ を透過し残余の波長成分 $\lambda_1 \sim \lambda_{j-1}$ 、 $\lambda_{j+1} \sim \lambda_n$ を反射する。光反射器 $FG_{2n}$ は、少なくとも波長成分 $\lambda_j$ を反射する。ポート $P_{a3}$ に接続された光反射器 $FG_{31}$ は、波長成分 $\lambda_k$ を透過し残余の波長成分 $\lambda_1 \sim \lambda_{k-1}$ 、 $\lambda_{k+1} \sim \lambda_n$ を反射する。光反射器 $FG_{3n}$ は、少なくとも波長成分 $\lambda_k$ を反射する。また、夫々の光反射器 $FG_{11} \sim FG_{1n}$ 、 $FG_{21} \sim FG_{2n}$ 、 $FG_{31} \sim FG_{3n}$ は光ファイバグレーティングが用いられ、光コネクタで着脱自在に接続されている。

【0102】次に、かかる構成の光分岐挿入装置ADMの動作を説明する。複数の波長成分 $\lambda_1 \sim \lambda_n$ を含む信号光がポート $P_{in}$ に入射すると、光反射器 $FG_{11} \sim FG_{1n}$ 、 $FG_{21} \sim FG_{2n}$ 、 $FG_{31} \sim FG_{3n}$ の総合した反射

特性により、波長成分 $\lambda_1 \sim \lambda_n$ を全反射して、ポート $P_{out}$ へ出射する。

【0103】光反射器 $FG_{11}$ を光コネクタより取り外すと、その光コネクタから波長成分 $\lambda_i$ が分岐（Drop）する。また、その光コネクタに、 $\lambda_i$ と同波長の波長成分 $\lambda_{i'}$ を挿入（Add）すると、光反射器 $FG_{11}$ を透過して光サーキュレータ30のポート $P_{out}$ へ出射する。

【0104】また、光反射器 $FG_{2n}$ や $FG_{3n}$ を光コネクタより取り外すと、それらの光コネクタから波長成分 $\lambda_j$ や $\lambda_k$ が分岐（Drop）する。また、それらの光コネクタに、 $\lambda_j$ 又は $\lambda_k$ と同波長の波長成分 $\lambda_{j'}$ や $\lambda_{k'}$ を挿入（Add）すると、これらの波長成分 $\lambda_{j'}$ や $\lambda_{k'}$ は光反射器 $FG_{21}$ や $FG_{31}$ を透過して光サーキュレータ30のポート $P_{out}$ へ伝播する。

【0105】このように、この光分岐挿入装置ADMは、光サーキュレータ30の複数のポート $P_{a1}$ 、 $P_{a2}$ 、 $P_{a3}$ に、所定の分波特性の条件を満足する光反射器を適宜に着脱することにより、所望の波長成分を分岐（Drop）又は挿入（Add）することができるという極めて優れた効果を有している。特に、極めて自由度が高く、拡張性に優れた光分岐挿入装置を提供することができる。

【0106】尚、図15または図16に示す夫々の光反射器に、図4に示した制御機構CNTを設けて、夫々の分波特性を制御するようにしてもよい。

【0107】

【発明の効果】以上説明したように本発明によれば、光反射器の分波特性を調整するだけで、方向性結合器の第1のポートと第2のポートに接続される光伝送路を切断することなく、分岐または挿入するための波長成分を任意に設定することができる。したがって、操作の簡便性に優れ、自由度及び拡張性に優れた光分岐挿入装置を提供することができる。更に、少ない構成要素で実現することが可能なため、低コスト性を有する光分岐挿入装置を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】第1の実施の形態の光分岐挿入装置の構成を示すブロック図である。

【図2】方向性結合器の具体例を示す説明図である。

【図3】方向性結合器の他の具体例を示す説明図である。

【図4】第2の実施の形態の光分岐挿入装置の構成を示すブロック図である。

【図5】チャープグレーティングの規格化屈折率分布と分波特性を示す説明図である。

【図6】他のチャープグレーティングの規格化屈折率分布と分波特性を示す説明図である。

【図7】更に他のチャープグレーティングの規格化屈折率分布と分波特性を示す説明図である。

【図8】第3の実施の形態の光分岐挿入装置の構成を示すブロック図である。

【図 9】 光分岐挿入装置の変形例の構成を示すブロック図である。

【図 10】 光分岐挿入装置の他の変形例の構成を示すブロック図である。

【図 11】 光分岐挿入装置の更に他の変形例の構成を示すブロック図である。

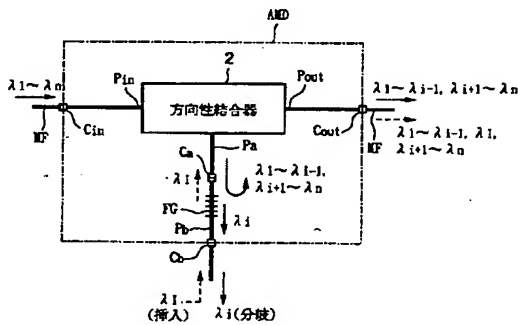
【図 12】 光分岐挿入装置の更に他の変形例の構成を示すブロック図である。

【図 13】 第 4 の実施の形態の光分岐挿入装置の構成を示すブロック図である。

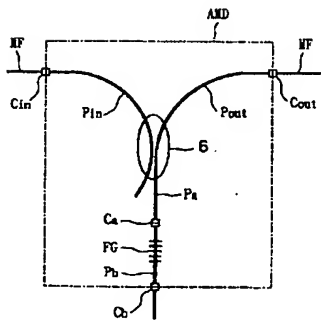
【図 14】 第 5 の実施の形態の光分岐挿入装置の構成を示すブロック図である。

【図 15】 第 6 の実施の形態の光分岐挿入装置の構成を

【図 1】



【図 3】



示すブロック図である。

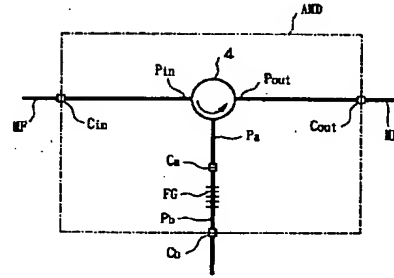
【図 16】 第 6 の実施の形態の光分岐挿入装置の変形例の構成を示すブロック図である。

【図 17】 従来の光分岐挿入装置の構成を示すブロック図である。

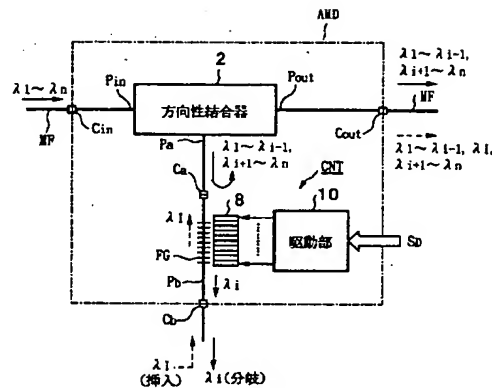
【符号の説明】

2, 12...方向性結合器、4, 14, 28, 30...光サークキュレータ、6, 16, 18, 20, 22, 24, 26...光ファイバカプラ、8...熱源部、10...駆動部、A DM...光分岐挿入装置、FG, FG', FG<sub>1</sub>~FG<sub>n</sub>, FG<sub>11</sub>~FG<sub>1n</sub>, FG<sub>21</sub>~FG<sub>2n</sub>, FG<sub>31</sub>~FG<sub>3n</sub>...光反射器、Pin, Pout, Pa, Pb, Pc, Pd, Pe, Pa1, Pa2, Pa3...ポート。

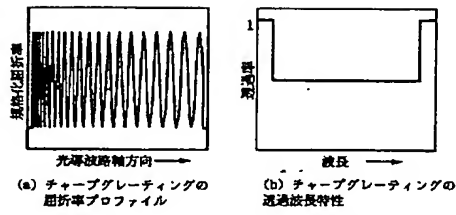
【図 2】



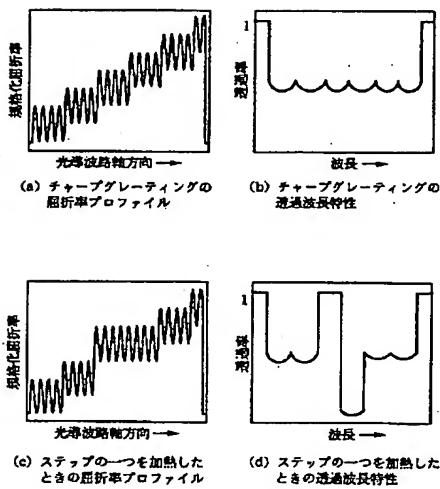
【図 4】



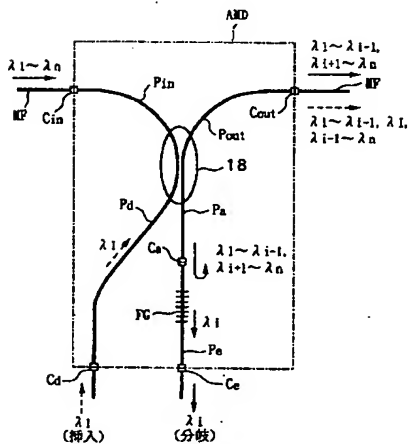
【図5】



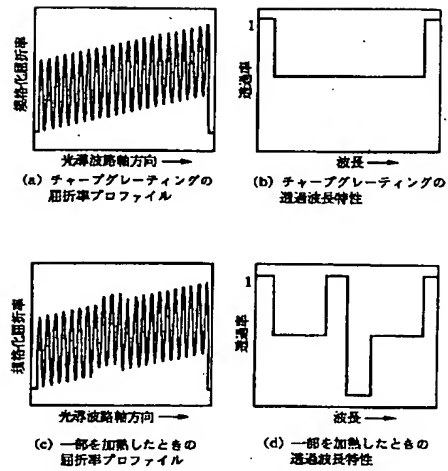
【図7】



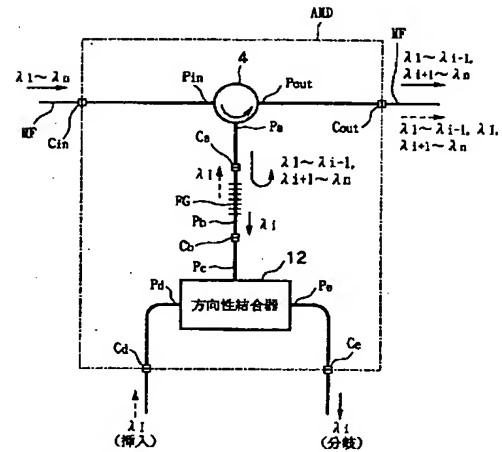
【図11】



【図6】

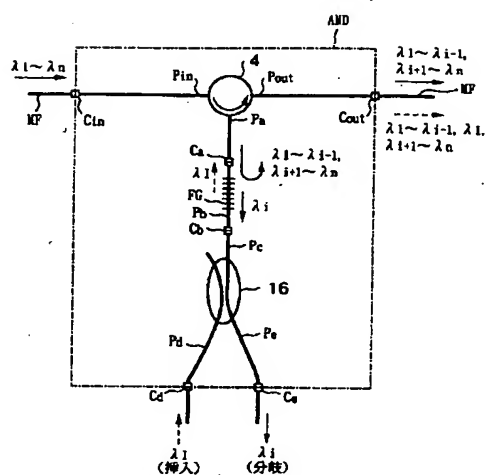


【図8】

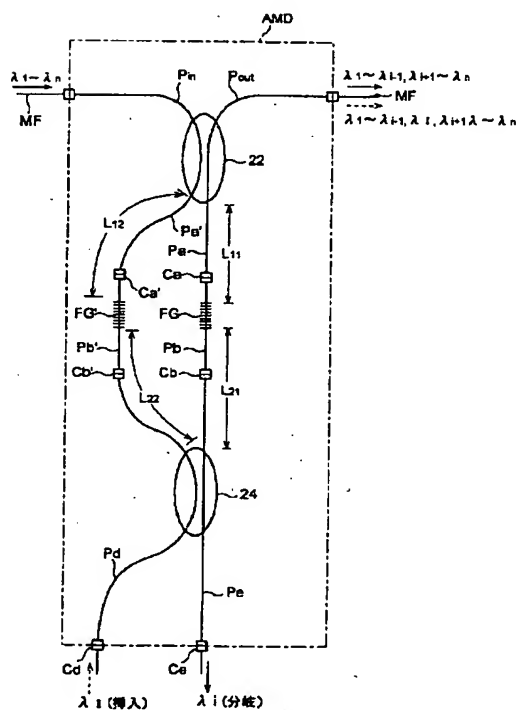


BEST AVAILABLE COPY

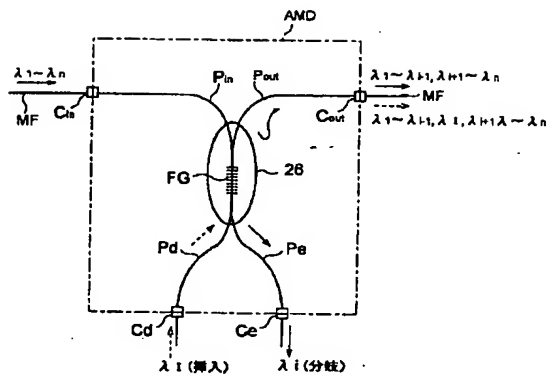
【図 10】



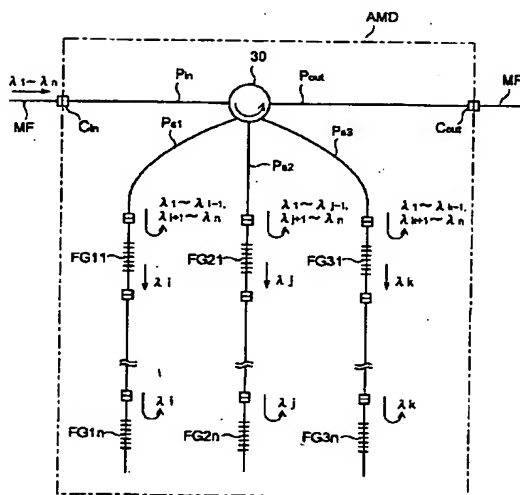
【圖 13】



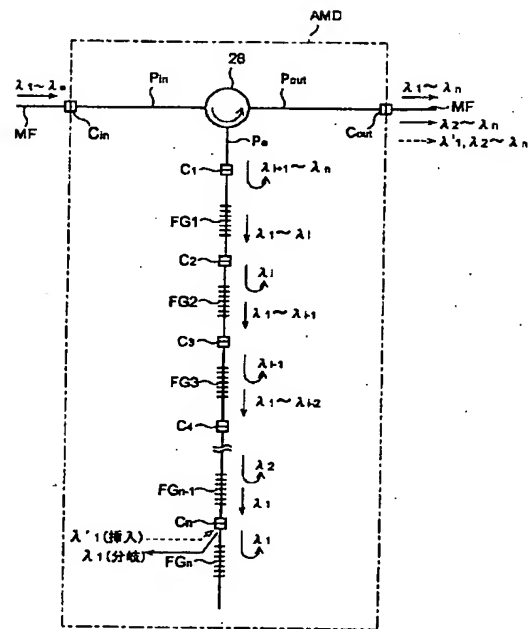
【図 14】



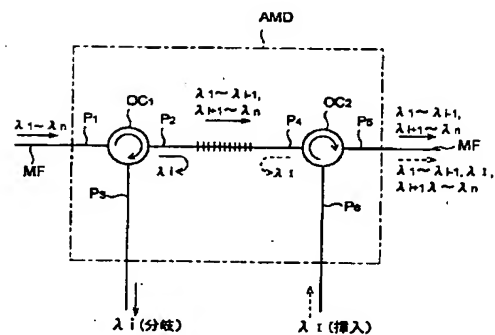
【図 16】



【図 15】



【図 17】



フロントページの続き

(72)発明者 金森 弘雄  
神奈川県横浜市栄区田谷町1番地 住友電  
気工業株式会社横浜製作所内

(72)発明者 西村 正幸  
神奈川県横浜市栄区田谷町1番地 住友電  
気工業株式会社横浜製作所内

BEST AVAILABLE COPY